

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka/ Energia- ja ympäristötekniikka

Heidi Lehtonen

KYMEN BIOENERGIAN KAUKOLÄMPÖ- JA LÄMMÖNTALTEENOTTOPIIRIN
ANALYSOINTI JA PARANNUSTARPEET

Opinnäytetyö 2012

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

LEHTONEN, HEIDI

Kymen Bioenergian kaukolämpö- ja

lämmöntalteenottopiirin analysointi ja parannustarpeet

Insinöörityö

29 sivua + 3 liitesivua

Työn ohjaaja

Osaamisolapäällikkö Markku Huhtinen,

Tutkimusinsinööri Hannu Sarvelainen

Toimeksiantaja

KSS Energia Oy

Toukokuu 2012

Avainsanat

kaukolämpö, lämmöntalteenotto, biokaasu

Tämä opinnäytetyö on tehty KSS Energia Oy:lle. Työn tarkoituksena oli Kymen Bioenergia Oy:n energiatehokkuuden parantaminen ja kaukolämpöpiirissä esiintyvien ongelmakohtien poistaminen. Työssä perehdyttiin kaukolämmön kulutuskohteisiin ja lämmöntalteenottoon. Laitoksella on kaasumootori lämmön ja sähkön tuotantoon. Kaasukattila toimii hätävarana, jos kaasumootori ei ole toiminnassa. Laitoksella on myös kaukolämpövaraaja, jolla pystytään tasaamaan kulutusta.

Kymen Bioenergia tuottaa biokaasua mädättämällä biojätettä, jätevesilietettä ja peltovihermassaa. Tuotettu biokaasu käytetään kaasumootorin polttoaineena ja sitä myydään Gasumin verkkoon autojen polttoaineeksi. Kaukolämmöllä on iso osa prosessissa, koska lämpöä tarvitaan monessa eri vaiheessa.

Työn keskeinen sisältö on kaukolämpöpiirin toimivuuden parantaminen ja lämmöntalteenoton tehostaminen. Työssä kerrotaan parannusehdotuksista, prosessiin tehdyistä muutoksista ja niiden vaikutuksista laitoksen toimintaan. Lisäksi työssä on käsitelty laitoksen toimintaperiaate.

Lämpötiloja ja säätöjä muuttamalla saatiin parannettua kaukolämpöpiirin toimintaa. Työn tuloksena saatiin vähennettyä kaukolämmön kulutusta ja kattila-ajoa. Paluuveden lämpötila oli toisinaan liian korkea ja lämpöä ei siirtynyt kohteeseen. Paluuveden lämpötila saatiin tasaantumaan lämpötilamuutoksilla ja virtauslukituksilla piirissä.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Mechanical and Production Engineering

LEHTONEN, HEIDI

Analyzing and improving the systems of district heating and heat recovery in the plant of Kymen Bioenergia Oy

Bachelor's Thesis

29 pages + 3 pages of appendices

Supervisor

Markku Huhtinen, Manager of Departments

Hannu Sarvelainen, Research Engineer

Commissioned by

KSS Energia Oy

May 2012

Keywords

district heating, heat recovery, biogas

This thesis work was made for KSS Energia Oy. The objective of the work was to improve the energy efficiency of the Kymen Bioenergia Oy plant and to remove problems appearing in the district heating process loop. The thesis examines the uses of district heat and heat recovery. The plant has a gas engine for the production of heat and electricity. If the gas engine is not in use, a gas boiler can be used as standby. To be able to even out consumption fluctuations, the plant also has an accumulator for district heating.

Kymen Bioenergia Oy produces biogas by digesting organic waste, sludge from the wastewater treatment plant and biomass from fields. The produced biogas is used as a fuel for cars. District heat has a major role in the process because of the need for heat in multiple process phases.

The main subject of this thesis is to improve the functionality of the district heating process and improve the heat recovery. The study introduces the possibilities to improve the process, improvements that have been made and the impacts that these improvements have on the functionality of the plant. This study also presents the main process and operational principles of the plant.

By adjusting temperatures and controls, the district heating process was improved. As a result, the consumption of the district heat and the needed running time of the gas boiler were decreased. Occasionally, the temperature of returning water was too high and the heat was not transferring to the target returning water was settled by adjusting the temperatures and flow locking.

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty KSS Energia Oy:lle alkuvuoden 2012 aikana.

Työn ohjaajina toimivat Timo Jokinen ja Kimmo Räsänen, joita haluan kiittää opinnäytetyön aiheesta. Kiitos ohjaaville opettajilleni Markku Huhtiselle ja Hannu Sarvelaiselle työnohjauksesta.

Erityiskiitokset haluan osoittaa laitoksen operaattorille Ismo Huoville, joka on auttanut työn edistymisessä ja mahdollistanut työhön liittyvät kokeilut.

Viimeisimpänä, mutta ei vähäisimpänä, iso kiitos avopuolisolleni Joonas Tynnille sekä läheisilleni, jotka ovat olleet taustatukenani koko opintojeni ajan.

Kouvolassa 26.4.2012

Heidi Lehtonen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

1	JOHDANTO	7
1.1	Työn tausta	7
1.2	Työn vaiheet	7
2	KYMEN BIOENERGIA OY	8
2.1	KSS Energia	9
2.2	Kouvola Vesi	9
2.3	Kymenlaakson jäte	10
3	PROSESSI	10
3.1	Vastaanotto	11
3.1.1	Biojäte	11
3.1.2	Peltobiomassa	12
3.1.3	Jätevesiliete	12
3.2	Mädätysreaktori	12
3.3	Hygienisointi	13
3.4	Mädäteliетteen loppukäyttö	14
4	KAASUN JALOSTUS JA KÄYTTÖ	14
5	KAUKOLÄMPÖ	16
5.1	Kaasukattila	16
5.2	Kaasumoottori	17
5.3	Kaukolämpövaraaja	18
6	LÄMMÖNSIIRTIMET	18
6.1	Hygienisointi	19
6.2	Lämmöntalteenottokierro	21
6.3	Kiertovesi	22
6.4	Lämminvesi	25
6.5	Mädätysreaktorin vaippa	25
7	YHTEENVETO	26

LIITTEET

Liite 1. Kaukolämpökäyttö

Liite 2. LTO-kierto

Liite 3. Vedet

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Energiatehokkuus on tärkeää ja nykyään siihen kiinnitetäänkin enemmän huomiota kuin ennen. Tuote pyritään valmistamaan mahdollisimman pienellä energiamäärällä ja ympäristöä kuormittamatta. Sähkön ja lämmön yhteistuotannolla päästään paljon parempaan kokonaishyötysuhteeseen, kuin että ne tuotettaisiin erikseen. Sähkön tuotannossa aiheutuva hukkalämpö saadaan otettua talteen ja siirrettyä lämmitykseen.

Uusiutuvat energiamuodot ovat tulevaisuudessa tärkeitä, kun päästöjen määrää rajoitetaan jatkuvasti ja fossiilisille polttoaineille etsitään korvaajaa. Bioenergia on ympäristöystävällistä ja puhdasta energiaa, joka ei kuormita ympäristöä.

Kymen Bioenergia Oy sijaitsee Kouvolan Mäkilässä, jätevedenpuhdistamon vieressä. Se on Suomen ensimmäinen kaupallisen mittakaavan laitos, jossa kaasua jalostetaan. Se tuottaa sähköä, lämpöä ja biokaasua. Raaka-aineita ovat jätevesiliete, biojäte ja peltobiomassa. Laitos on valmistunut vuonna 2011 (1.) ja se työllistää kolme laitoshenkilöä.

1.2 Työn vaiheet

Laitos on uusi, joten sen kaukolämpöpiirin ongelmakohtiin ei ollut aikaisemmin perehdytty tarkemmin. Työn tekeminen alkoi tutustumisella laitoksen operointijärjestelmään ja itse laitokseen. Järjestelmästä löytyy historiatiedot lähes kaikille arvoille. Trendejä tutkimalla saatiin selville ongelmakohtia, joihin etsittiin parannusehdotuksia.

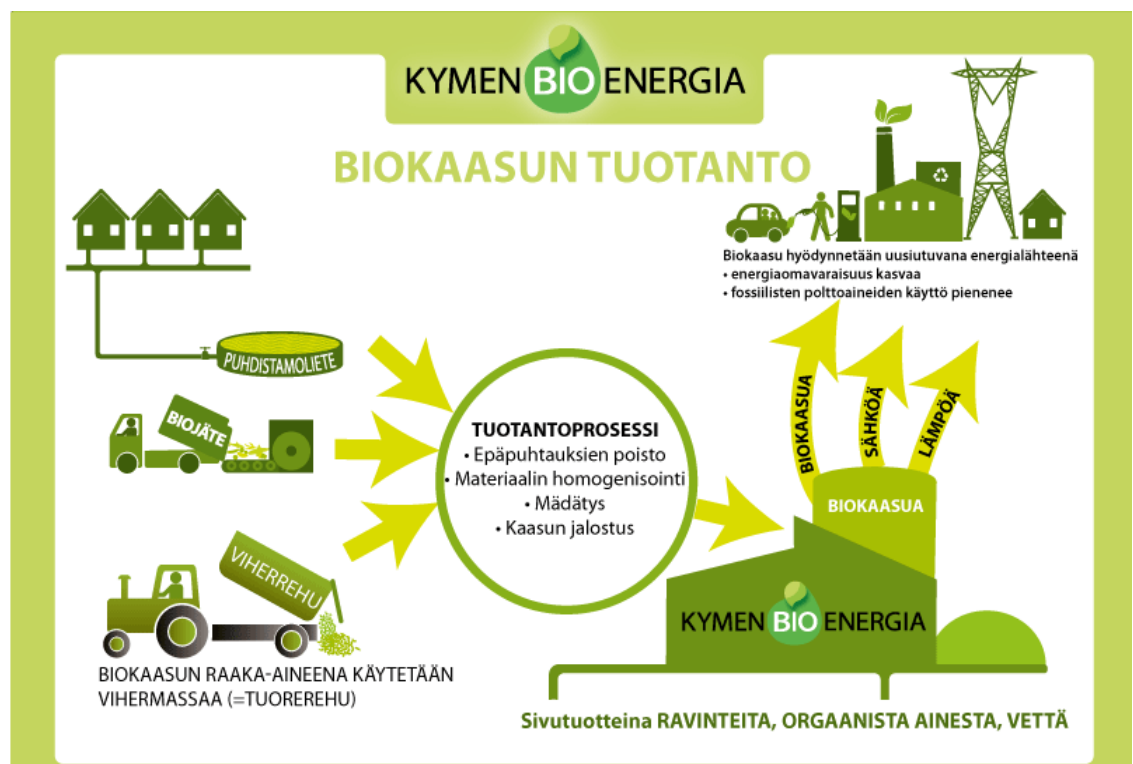
Työssä selvitetään prosessin toiminta ja kaukolämmön kulutuskohteet. Työn tekeminen tapahtui KSS Oy:n toimistotiloissa, joissa pääsin tietokoneella operointijärjestelmään. Parannusehdotukset käytiin läpi toimeksiantajan kanssa. Muutokset prosessiin tehtiin paikan päällä biolaitoksella yhdessä operaattorin kanssa. Muutoksia seurattiin ja arvoja muutettiin useaan kertaan, jotta optimaaliset arvot löytyivät.

Laitos on ensimmäinen tämän tyyppinen, joten aiheesta painettua tekstiä on varsin vähän. Työn liitteet helpottavat laitokselle tehtyjen muutosten ymmärtämistä.

2 KYMEN BIOENERGIA OY

Kymen Bioenergia Oy:n omistusosuudet ovat KSS Energia Oy 60 %, Kouvolan Vesi 30 % ja Kymenlaakson jäte 10 %. Tuotantokapasiteetti on 19 000 tonnia raaka-ainetta vuodessa, jolla saadaan tuotettua 14 000 megawattituntia biokaasua. Puolet tuotetusta biokaasusta menee biolaitoksen ja jätevesipuhdistamon lämmitykseen ja sähkön tekemiseen. Toinen puoli jalostetaan biometaaniksi ja syötetään Gasumin verkkoon. (1.)

Laitoksella on miehitys arkisin aamusta iltaan. Raaka-aineet tuodaan laitokselle viikolla ja puskurisäiliöt takaavat sen, että laitos on toiminnassa myös öisin ja viikonloppuisin, kun laitos on miehittämätön.



Kuva 1. Biokaasun tuotanto (2.)

2.1 KSS Energia

KSS Energia on energia-alan yritys, joka toimii Kouvolassa. Se tuottaa sähköä, kaukolämpöä ja biometania, sekä jakaa maakaasua asiakkailleen. KSS Energia muodostuu emoyhtiö KSS Energia Oy:stä ja sen tytäryhtiöistä KSS Verkkoy Oy:stä, KSS Rakennus Oy:stä, KSS Lämpö Oy:stä ja Kymen Bioenergia Oy:stä. KSS työllistää 120 henkilöä ja asiakkaita sillä on 54 700. Liikevaihto on 110 Me. (4.)

Sähköä saadaan tuotettua vesivoimalaitoksilla, joita on kolme: Siikakoski, Verla ja Kannuskoski. Suurin osa vesivoimasta tuotetaan norjalaisessa Ranan vesivoimalaitoksessa, jossa KSS Energialla on tuotanto-osuus. (5.)

Sähkön ja lämmön yhteistuotanto saadaan Kymen biopolttoainevoimalaitoksesta Kuusankoskella (omistusosuus 24 %) sekä Hinkismäen maakaasulaitoksesta Kouvolassa. Kymen Bioenergia tuottaa myös sähköä ja lämpöä. KSS Energialla on tuotanto-osuuksia myös Pohjolan Voima Oy:n voimalaitoksissa ja Pietarsaareissa Alholmens Kraftissa. Sähkön tuottamiseen käytettiin vuonna 2010 fossiilisia polttoaineita 11,94 %, uusiutuvia 50,78 % ja ydinvoimaa 37,28 %. (5.)

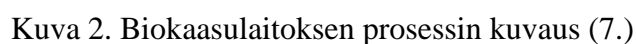
KSS Energia omistaa Kymen Bioenergian kaasumoottorin, kaasun puhdistuslaitteet ja lämpöakun. Se ostaa tuotetun biokaasun omaan käyttöönsä eli sähkön ja lämmön tuottamiseen sekä jalostetun kaasun myymiseen Gasumille.

2.2 Kouvola Vesi

Vuoden 2009 alussa Kouvola, Elimäen, Jaalan, Kuusankosken ja Valkealan vesihuoltolaitokset muodostivat yhdessä uuden vesihuoltolaitoksen, Liikelaitos Kouvola Veden. Kouvola Vesi huolehtii Kouvola kaupungin veden tarpeesta. Se toimittaa asiakkailleen puhdasta vettä ja huolehtii jätevesien käsittelystä. Vuonna 2010 Kouvola Vesi toimitti asiakkailleen vettä 4 751 962 m³ ja käsitteli jätevettä 9 235 088 m³. Puhdistettu jätevesi johdetaan purkuputkella vieressä virtaavaan Kymijokeen noin 20 metrin päästä rannasta. (3.) Kouvola Veden puhdistusprosessista syntyvä jätevesiliete lingotaan ja se käytetään biolaitoksen prosessin raaka-aineena.

Kymenlaakson Jäte toimittaa alueelta erilliskerättyä biojätettä laitokselle biokaasun raaka-aineeksi.

Raaka-aineet tulevat laitokselle, ne mädätetään, hygienisoidaan ja lopputuote sijoitetaan siloihin. Kaasun muodostuminen tapahtuu mädätysreaktorissa. Raaka-aineen saapumisesta laitokselle lopputuotteen varastointiin kuluu aikaa kolmesta neljään viikkoon. Alla oleva kuva selventää laitoksen toiminta periaatetta.



3.1 Vastaanotto

Biojäte tuodaan autoilla laitokselle ja kipataan kävelevälle lattialle, joka kuljettaa tavaran murskaukseen ja seulontaan. Seulonnasta biojäte menee pulpperiin, jossa siitä saadaan erotettua kevyt kelluva ja raskas laskeutuva jae jätelavalle. Biojäte pumpataan tasaussäiliöön, joka toimii kuorman tasaajana. Tasaussäiliötä täytetään viikolla, jotta raaka-aineet riittävät viikonlopun yli.

Rasvaliete tuodaan tankkiautoilla ja pumpataan rasvalietesäiliöön. Lietettä lämmitetään säiliössä, jotta siitä saadaan juoksevampaa. Kaslink Foods toimittaa laitokselle heidän prosessistaan syntyvän rasvalietteen. Kaslink Foods on paikallinen perheyrittäjä, joka valmistaa maito- ja kermatuotteita, kastikepohjia sekä pää- ja jälkiruokakastikkeita. (8.) Rasvalietettä tulee laitokselle noin 40 tonnia viikossa. (20.)

Peltobiomassa tuodaan tasauspöydälle, josta se syötetään muiden raaka-aineiden joukkoon. Laitos käyttää yksityisen tuottamaa peltovihermassaa. (20.)

Jätevesiliete tulee laitoksen vieressä sijaitsevalta Kouvolan Veden jätevesipuhdistamolta. Puhdistuksesta syntyy jätevesilietettä, mikä lingotaan jäteveden puhdistamolla ja pumpataan biolaitokselle. Jätevesi sekoitetaan muiden raaka-aineiden kanssa hydrolysointisäiliössä. (20.)

Hydrolysointisäiliössä kaikki raaka-aineet sekoittuvat keskenään. Kaasun muodostuminen alkaa jo tässä vaiheessa. Puhutaan mesofiilisestä prosessista, jossa raaka-aineiden optimaalinen lämpötila on 33 - 37 °C. (9.) Raaka-aineiden viipymäaika hydrolysointisäiliössä on noin viikko.

Laitoksen vastaanotto kapasiteetti on vuodessa 19 000 tonnia. Jätevesilietteen osuus on 9 000 tonnia, biojätteen 7 000 tonnia ja peltobiomassan 3 000 tonnia. (7.) Nämä ovat suunnittelu arvoja ja toistaiseksi niihin ei ole vielä päästy.

3.1.1 Biojäte

Biojätettä on kaikki eloperäinen, maatuva aines, kuten ruoantähteet, hedelmien kuoret, suodatinpussit, talouspaperit ja kukat. Biojätteelle on ominaista, että se on kosteaa, orgaanista ja myrkytöntä. Tämä takaa mikrobitoiminnon, joka saa aikaan tuotteen

hajoamisen. Hapettomassa hajoamisessa eli mädäntymisessä syntyy biometaania ja hapellisessa hajoamisessa eli kompostoisemisessa syntyy hiilidioksidia, vettä ja lämpöä. (10.)

3.1.2 Peltobiomassa

Peltobiomassojen viljelyyn voidaan käyttää tuotannosta poistettuja peltoja, kesantoja ja entisiä turvesoita. Peltobiomassoja ovat energiakasvit, nopeakasvuiset puuvartiset kasvit ja viljakasvien osat. Biokaasun tuotantoon soveltuvat tuoreet peltobiomassat ja kuivat biomassat hienojakoisena. (11.)

3.1.3 Jätevesiliete

Jätevesi on käytöstä poistettavaa vettä. Se sisältää paljon ravinteita, jotka aiheuttavat vesistöjen rehevöitymistä, sekä mikrobeja ja ympäristömyrkkyjä, jotka vahingoittavat luontoa. Jätevesiä puhdistetaan jätevedenpuhdistamolla ja siitä syntyy jätevesilietettä. Lietettä voidaan hyödyntää biokaasun tuotannossa mädättämällä se. Tonnista lietettä saadaan noin 30 m³ biokaasua. (12.)

3.2 Mädätysreaktori

Mädätysreaktorissa orgaaninen aine käsitellään hapettomassa tilassa. Prosessi on termofiilinen eli mädätteen lämpötila on reaktorissa 53 - 57 °C. Mädätysprosessi kestää keskimäärin 17 vuorokautta. Termofiilisen prosessin etuja ovat nopea hajoaminen, korkeampi kuormitus ja tehokkaampi hygienisoituminen. Haittapuolena on se, että prosessi on herkkä lämpötilan muutoksille ja pH:n vaihteluille. (9.)

Hydrolysointisäiliöstä mädätysreaktoriin tulevan lieteen lämpötila nostetaan noin 56 asteeseen lämmönvaihtimen avulla. Mädätysreaktorin vaippaa lämmitetään kaukolämpövedellä, jotta reaktorin lämpötila saadaan pidettyä optimaalisena.

Kaasun muodostuminen

Kaasun muodostuminen tapahtuu mädätysprosessin loppuvaiheessa, jolloin syntyy metaania sisältävää biokaasua. Kaasu kerätään talteen kaasukelloon, jonka tilavuus on 1000 m³. Tämän jälkeen kaasu jalostetaan sekä käytetään kaasumoottorin

polttoaineena. Tilanteissa, joissa kaasua ei ole mahdollista käyttää, se voidaan hävittää polttamalla soihdussa. (20.)

Biokaasu

Biokaasu sisältää metaania 40 - 70 % ja hiilidioksidia 30 - 60 % sekä pieniä määriä muun muassa rikkiyhdisteitä, ammoniakkia ja vetyä. Biokaasu on ympäristöystävällistä energiaa, koska se on uusiutuva polttoaine. Sitä voidaan hyödyntää sähkön ja lämmön yhteistuotantoon sekä jalostaa ajoneuvojen polttoaineeksi. (13.)

Biokaasu ei kuormita ympäristöä vaan päinvastoin. Talteenotolla ja hyötykäytöllä saadaan vähennettyä kasvihuonekaasujen määrää, koska kaatopaikalla mädätessään jäte vapauttaisi metaania ilmakehään. (13.)

Laitoksen laskettu kaasun tuotanto on 2,3 milj.m³/vuosi eli 14 000 Mwh energiaa, joka vastaa tuhannen omakotitalon lämmitystarvetta. (7.)

3.3 Hygienisointi

Hygienisoinnissa lietteen lämpötila nostetaan yli 70 °C:seen. Mädätteen lämpötilan on oltava tunnin ajan vähintään 70 °C, jolloin siitä saadaan tuhottua haitalliset mikrobit. Lämpötilan laskiessa alle 70 °C:een, kierrätetään mädäte uudelleen käsiteltäväksi.

Laitoksella on kolme 10 m³:n hygienisointisäiliötä. Prosessi pyritään pitämään jatkuvatoimimisena eli yhtä säiliötä täytetään, yhdessä tapahtuu hygienisoituminen ja yhtä tyhjennetään.



Kuva 3. Hygienisointisäiliöt

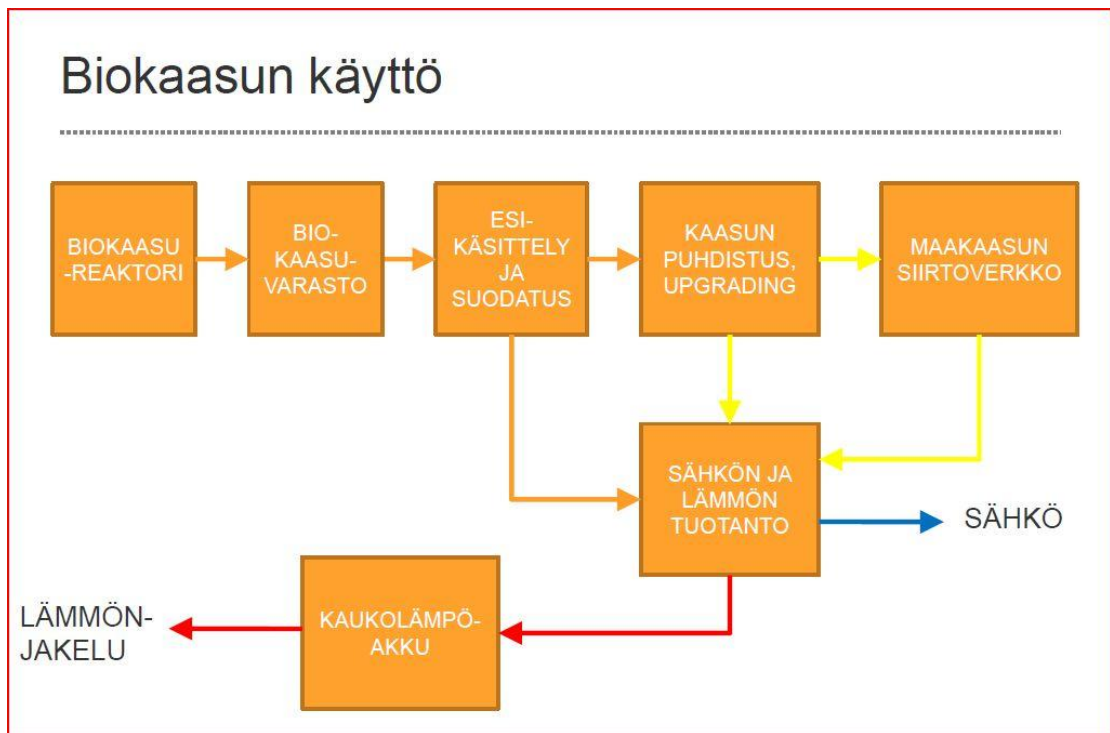
3.4 Määtelietteen loppukäyttö

Hygienisoinnin jälkeen jäljelle jää määteliete eli lannoitusaine, joka voidaan käyttää lannoitteena pelloilla. Se on käsittelemätöntä lietettä parempi vaihtoehto, koska anaerobisen käsittelyn ansiosta lähes kaikki taudinaiheuttajabakteerit ja rikkakasvien siemenet saadaan tuhottua.

Lannoite sisältää vettä, joten se voidaan lingota ennen siiloon sijoittamista. Lannoitteesta saadaan kahta eri tuotetta eli vettä sisältävää lietettä ja lingottua kiintoainetta. Lietteen kuiva-aine pitoisuus on noin 6 % ja kiintoaineen noin 30 %. (2.) Mädetejäännöstä on laskettu syntyvän 8700 tonnia vuodessa. (7.) Poistettu vesi pumpataan kiertovesisäiliöön, josta se voidaan käyttää prosessin hyödyksi.

4 KAASUN JALOSTUS JA KÄYTTÖ

Kaasun jalostuksessa biokaasusta poistetaan hiilidioksidi ja muut epäpuhtaudet. Kaasu paineistetaan ja syötetään maakaasuverkkoon. Puhdas biometaani sopii autojen polttoaineeksi. (14.)



Kuva 4. Biokaasun käyttö (7.)

Biometaani

Biometaani on puhdistettua ja jalostettua biokaasua, joka on ominaisuuksiltaan samaa kuin maakaasu. Biokaasun metaanipitoisuutta nostetaan hiilidioksidia vähentämällä. Jalostettu biokaasu sekä maakaasu ovat lähes sataprosenttista metaania. Näiden erona on valmistustapa ja ympäristökuormitus. Biometaani on uudistuva polttoaine ja maakaasu fossiilinen polttoaine. (14.) Metaanin lämpöarvo on 50 MJ/kg ja oktaanipitoisuus 138. (Bensiinillä lämpöarvo noin 43 MJ/kg ja oktaanipitoisuus 95 - 99. (15.)

Gasum

Gasum omistaa maakaasun siirtoverkoston Suomessa. Biokaasua siirrettiin ensimmäistä kertaa Gasumin verkkoon Kymen Bioenergia Oy:n laitokselta syksyllä 2011. Gasumin tavoitteena on olla johtavassa asemassa biokaasun toimittajana Suomessa. Tankkausasemia on Suomessa 16 ja niiden määrä kasvaa kokoajan. Gasumin liikennepolttoaineelle on myönnetty Avainlippu-tunnus kotimaisuudesta sekä Joutsenmerkki ympäristön kannalta vastuullisesta valinnasta. (16.)

5 KAUKOLÄMPÖ

Liite 1 auttaa työn seurannassa. Tekstissä viitataan prosessikaavion numeroituihin kohtiin.

Kaukolämpöä tuotetaan pääsääntöisesti kaasumootorilla. Syntyvä lämpö otetaan talteen lämmönsiirtimellä ja käytetään prosessin tarpeisiin. Laitoksella on myös kaukolämpövaraaja, johon saadaan varastoitua kaukolämpöä. Kaasukattila toimii hätävarana, jos kaasumoottori ei ole toiminnassa. (Kohdassa 1)

Laitoksella tuotettu kaukolämpö käytetään prosessissa. Tämän lisäksi jätevedenpuhdistamo ostaa laitokselta kaukolämpöä. Kaukolämmön siirto tapahtuu lämmönsiirtimillä. Laitoksella on neljä lämmönsiirrintä, joilla lämmitetään hygienisointiin menevä liete, lämmöntalteenottokierron vesi, kiertovesi ja lämminvesi. (Kohdassa 2) Kaukolämpöä menee myös biolaitoksen käyttöveden lämmittämiseen, pattereille ja lattialämmitykseen. Kaukolämpöpiirin paine-ero on 0,8 bar.

Taulukko1. Laitoksen prosessi arvoja

	2012		
	Tammikuu	Helmikuu	Maaliskuu
Prosessin käyttämä kl-teho (MWh)	242	255	230
Lämpöä talteen (MWh)	16	17	20
Määdätejäännös (m³)	2469	2834	3326
kW/ m³ hygienisoitu liete	92	84	63

Taulukossa on arvoja vain alkuvuodelta, koska mittarit on kalibroitu silloin.

5.1 Kaasukattila

Kattila on Vaporin 1 MW:n kuumavesikattila, jossa on Oilonin poltin. Kattilan polttoaineena käytetään ostettua maakaasua.

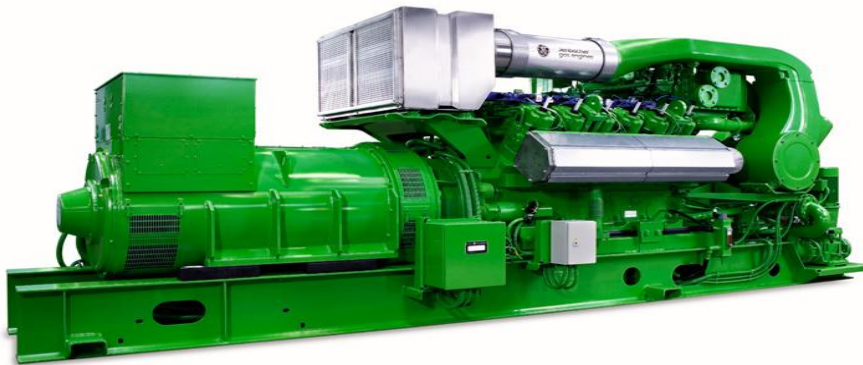


Kuva 3. Vaporin kuumavesikattila (17.)

Kattilan läpi virtaa koko ajan CHP- piiristä (Combined Heat and Power) tuleva vesi, jotta kattila ei käynnistyisi turhaan. Virtaava vesi poistuu kaukolämpöveden paluulinjaan. Virtaus ei voi olla iso, ettei paluuv veden lämpötila nouse liikaa. Kaasumoottorin pysähtyessä kattila käynnistyy, kun veden lämpötila putoaa. Kattilan käynnistymisraja on 85 °C ja sammumisraja 95 °C.

5.2 Kaasumoottori

Laitoksella on Jenbacherin kaasumoottori. Siinä on yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto. Sähköteholtaan moottori on 888 kilowattia ja lämpöä saadaan 900 kilowattia.



Kuva 4. Jenbacher kaasumoottori (18.)

Kaasumoottorilla tuotetaan kaukolämpövedettä prosessille. Polttoaineena voidaan käyttää tuotettua biokaasua tai ostettua maakaasua. Lämpö otetaan talteen CHP-lämmönsiirtimellä. CHP-lämmönsiirtimelle menevän veden lämpötilan on hyvä olla mahdollisimman alhainen, jotta lämpöä saadaan siirtymään hyvin. Lähtevän veden lämpötilaa voidaan säätää linjassa olevan shunttiventtiilin avulla. Viileämpää vettä saadaan otettua paluuvesilinjasta. Lähtevä vesi on noin 92 °C. Laitoksella ei tuoteta lauhdesähköä, joten kaasumoottoria ajetaan vain kaukolämmön kulutuksen mukaan.

5.3 Kaukolämpövaraaja

Kaukolämpövaraajalla saadaan tasattua kulutusta. Laitoksen varaajaan saadaan varastoitua lämmintä vettä 75 m³. Paras hyöty saadaan, kun kaukolämpövesi palaa mahdollisimman alhaisessa lämpötilassa. Kun kaukolämpöä tuotetaan yli oman tarpeen, se ladataan kaukolämpövaraajaan. Vastaavasti, kun sitä tarvitaan enemmän kuin saadaan tuotettua, sitä otetaan varaajasta. Varaaja on lieriönmuotoinen, paineistettu ja lämpöeristetty terässäiliö.

6 LÄMMÖNSIIRTIMET

Lämmönsiirrin on energiatekniikan komponentti, jolla siirretään lämpöä aineesta toiseen. Lämpö siirtyy konvektion eli virtaavan aineen avulla aineesta toiseen. Vapaassa konvektiossa aine virtaa vapaasti lämpötilaerojen vaikutuksesta: kuuma vesi nousee ylös ja kylmä painuu alas, kuten kaukolämpövaraajassa. Kaukolämpöä siirrettäessä turvaudutaan pakotettuun konvektioon eli aine saadaan liikkeelle pumpun avulla. Tämä takaa sen, että olosuhteet saadaan mitoituksen mukaiseksi. (19.)

Laitoksella on putkilämmönsiirtimiä, levylämmönsiirtimiä ja spiraalilämmönsiirtimiä. Putkilämmönsiirtimiä käytetään hygienisointiin, menevän mädätejäännöksen lämmittämiseen, mädätteen lämpötilan nostoon ennen mädätysreaktorille menoa sekä hygieniosoinnista tulevan mädätejäännöksen lämmöntalteenottoon. Levylämmönsiirtimillä lämpöä siirretään lämpimään käyttöveeteen, lattialämmitykseen ja ilmastointiin. Spiraalilämmönsiirtimiä laitoksella käytetään kiertoveden lämmityksessä ja poistettavan jäteveden lämmöntalteenotossa.



Kuva 5. Spiraalilämmönsiirrin

Lämmönsiirtimissä on paluupuolella säätöventtiili, jota ohjaa lämmitettävän kohteen lämpötila. Säätöventtiili aukeaa ja sulkeutuu mittaustuloksen perusteella ja se pyrkii pitämään virtauksen sellaisena, että kohteen lämpötila pysyy sille asetetussa arvossa.

Ongelmia on aiheuttanut toisinaan paluuveden korkea lämpötila ja virtauksen kasvaminen. (Kohdassa 3). Tämä aiheuttaa ongelmia kaukolämpövaraajan toimintaan ja kaasumoottorilta otettavan lämmön talteenottoon.

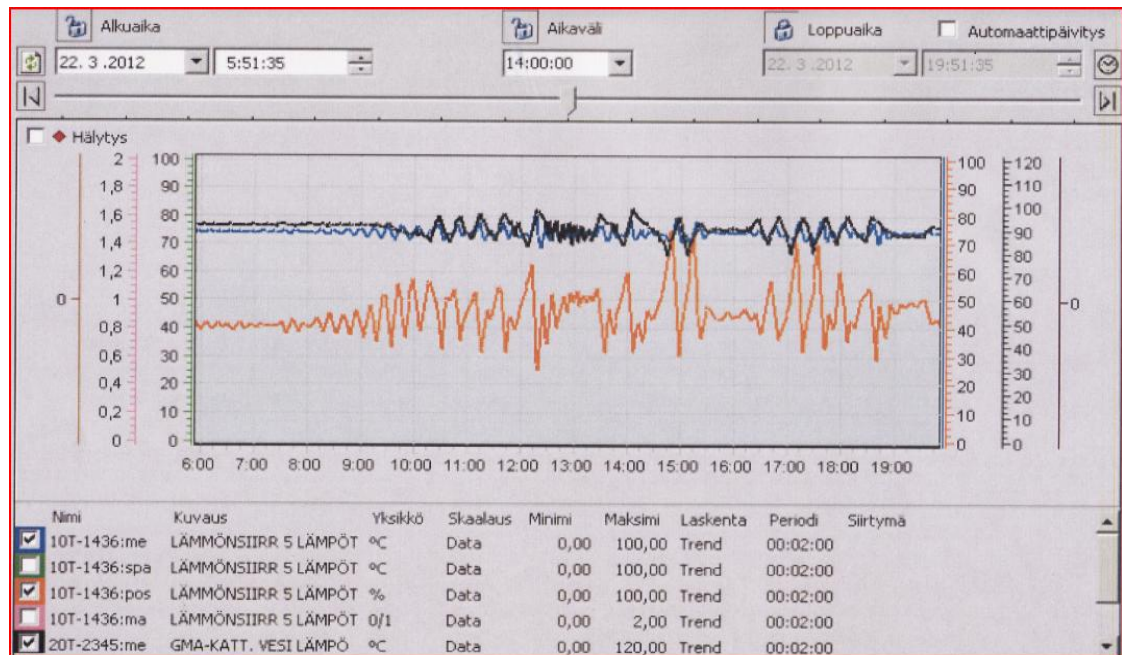
6.1 Hygienisointi

Hygienisointi on prosessin suurin lämmönkuluttaja. Mädatteen lämpötila nostetaan noin 54 °C:sta 74 °C:seen. Hygienisoinnin lämmönsiirtimen teho on keskimäärin 20 kilowattia.

Lämmönsiirtimen säätöventtiili

Hygienisoinnin lämmönvaihdin aiheuttaa toisinaan sen, että palaavan veden lämpötila on korkea, joka tarkoittaa sitä, että lämpöä ei ole siirtynyt kunnolla. Tätä tapahtuu silloin, kun kaukolämpövesi lämmitetään kattilalla. Kattilalta lähtevän veden lämpötila vaihtelee 85 - 95 °C:n välillä. Hygienisoinnin lämmönsiirtimen

säätöventtiili joutuu koko ajan säätämään virtausta, jotta mädäteliетteen lämpötila olisi optimaalinen.



Kuva 6. Trendissä näkyy oranssilla lämmönsiirtimen säätöventtiili, mustalla kattilalta tuleva veden lämpötila ja sinisellä mädätejäännöksen lämpötila. Trendin aikaväli on 14 tuntia.

Toimenpiteet

Kaukolämpöveden lämpötilaa tiputettiin 92 °C:sta 90 °C:seen, jotta lämpötila saadaan lähemmäksi kattilan käynnistymisrajaa. (22.) Lämpötilaa laskettiin vielä 90 °C:sta 88 asteeseen. (23.)

Yhteenveto

Kattila käynnistyy, kun lämpötila putoaa 85 °C:seen. Lämpötilaa tiputettiin yhteensä 4 °C ja se saatiin lähemmäksi kattilan käynnistymisrajaa. Kattilan käynnistymislämmön ja pyyntilämpötilan ero on nyt 3 °C, kun se aikaisemmin oli 7 °C. Kun kattilan lämpötila nousee yli 88 °C:seen, shunttiventtiilillä pyritään pitämään lämpötila haluttuna. Viileämpää vettä otetaan kaukolämmön paluulinjasta. Venttiili ei kuitenkaan ehdi tasaamaan lämpötilaa niin nopeasti ja lähtevän veden lämpötila vaihtelee. Tulevaisuudessa shunttiventtiili on tarkoitus virittää reagoimaan nopeammin lämpötilan muutoksiin.

6.2 Lämmöntalteenottokierto

Tekstissä viitataan liitteen 2 numeroituihin kohtiin.

Lämmöntalteenottokierrossa lämpöä otetaan talteen hygienisoinnista tulevasta mädätteestä sekä mädätesäiliöstä, johon mädäte hygienisoinnista pumpataan ennen linkousta. (Kohdissa 1 ja 2)

Tasaussäiliön lämpötila

Lto- kierron ongelmana on tasaussäiliön korkea lämpötila. Lämmöntalteenoton kannalta tasaussäiliön lämpötilan on hyvä olla mahdollisimman alhainen. Alhaisempi lämpötila mahdollistaa lämmön paremman talteenoton mädätejäännöksestä, jolloin lämpöä ei hukata sitä kautta. (Kohdassa 3)

Tasaussäiliön korkea lämpötila johtuu pitkälti siitä, että raaka-aineet laimennetaan kiertovedellä, joka tulee mädätelingolta noin 50 asteisena kiertovesisäiliöön. Tämän jälkeen veden lämpötilaa nostetaan lämmönvaihtimella ennen käyttöä. Lämpöä siirtyy myös lto- kierron välityksellä tasaussäiliöön.

Toimenpiteet

Lto- kierron virtaus oli 5,5 m³/h. Pienensimme virtauksen 3,5 m³/h, jotta nähtäisiin ehtiikö vesi jäähtyä paremmin kierrossa. (20.) Testi ei kuitenkaan tuottanut toivottua tulosta ja virtausta jouduttiin nostamaan, koska lämmönvaihdin tukkeutuu helposti virtauksen ollessa pieni. (Kohdassa 4)

Liitteestä 3 näkee kiertovesipiirin. Kiertovettä lämmitetään lämmönvaihtimella. Lämmönvaihtimen asetusarvoa on pudotettu jo aikaisemmin 62 °C:sta 55 °C:seen. Tasaussäiliön lämpötilan kannalta kiertoveden lämpötilan on hyvä olla mahdollisimman alhainen. Lämmönvaihtimen asetusarvoa tiputettiin vielä 55 °C:sta 50 °C:seen. (21.) Vesi oli edelleen liian lämmintä, joten sitä tiputettiin 50 °C:sta 40 asteeseen. (22.) (Kohdassa 1 ja 6)

Yhteenveto

Kiertoveden lämpötilan alentaminen ei juuri vaikuttanut tasaussäiliön lämpötilaan, koska kiertovesi tulee lähes 50 asteisena, vaikkei sen lämpötilaa nostetakaan.

Tasaussäiliö on noin 11 m korkea ja lämmönsiirtimet ovat yhden ja kolmen metrin välillä. Pinnan on oltava vähintään 27 %:ssa, jotta lämmönsiirtimet jäävät pinnan alle. Varsinkin alkuviikosta, jolloin säiliötä aletaan täyttää loppuviikkoa kohden, lämmönsiirtimet ovat jatkuvasti pinnan yläpuolella. Lämmönsiirtimiä olisi hyvä olla alhaalta alkaen, jotta taattaisiin paras mahdollinen lämmönsiirtyminen.

Mädätesäiliöstä otetaan lämpöä talteen. Säiliön lämmönvaihtimet ovat kuitenkin usein pinnan yläpuolella. Samoin kuin tasaussäiliöön, lämmönvaihtimien tulisi olla alhaalta alkaen, jotta lämmöntalteenottoa saataisiin tehostettua.

6.3 Kiertovesi

Tekstissä viitataan liitteen 3 numeroituihin kohtiin.

Kiertoveden lämmönsiirtimellä lämmitetään vesi, jota käytetään lietesuppiloon, hydrolisointisäiliöön, hakumassan laimennukseen, vastaanottoammeeseen, kävelevälle lattialle, biojätehihnalle, rumpuseulalle ja pulpperille.

Kiertovesisäiliö on alkuviikosta lähes täynnä ja loppuviikosta se pumpataan lähes tyhjäksi. Viikonloppuna, kun laitos on miehittämätön, saadaan mädätelingolta otettua talteen vesi kiertovesisäiliöön. (21.) (Kohdassa 2)

Lämmönsiirtimen säätöventtiili

Lämmönsiirtimen säätöventtiilin jatkuva säätäminen aiheuttaa toisinaan, että kaukolämpövesi palaa liian kuumana takaisin. Lämpöä ei ole siirtynyt kiertoveteen ja paluuveden virtaus kasvaa.

Toimenpiteet

Trendejä tutkimalla selvisi, että kiertovesipuolella on ollut vain pientä virtausta silloin, kun vesi on palannut liian lämpöisenä takaisin. Koska lämmönsiirrin on suuri, yrittää säätöventtiili pitää kiertoveden lämpötilan haluttuna ja näin ollen venttiili avautuu ja sulkeutuu jatkuvasti. Tästä aiheutuu piikit paluuveden arvoissa.



Kuva 7. Trendissä on sinisellä kiertoveden lämpötila, oranssilla säätöventtiili ja mustalla laimennusvesi. Trendin aikaväli on kolme tuntia.

Osalle kiertovesipiirin käyttökohteista on jo laitettu lukituksia virtauksiin. Tämä takaa sen, ettei lämmönsiirrin ala lämmittämään vettä, jos virtaus on liian pieni. Trendeissä esiintyi edelleen piikkejä. Trendeistä selvisi sen johtuvan laimennusveden menosta rumpuseulalle. Koska kiertovesisihti ei toistaiseksi ole vielä käytössä, kiertovesi on liikaista. Likainen vesi tukkii veden ruiskutuslaitteet ja virtauksen määrä pienenee.

Virtaukselle laitettiin raja-arvoksi $2 \text{ m}^3/\text{h}$, jolla taataan se, ettei lämmönsiirtimen venttiili aukea, jos virtauksen määrä tippuu alle rajan. Kokeilu tuotti tulosta ja ongelma saatiin poistettua. (22.)

Lämmöntalteenotto jätevedestä

Kiertoveden poistolinjassa on lämmönsiirrin, jolla saadaan jätevedestä lämpöä talteen lämminvesisäiliöön menevään veteen. Lämmönsiirrin on ollut vain harvoin käytössä, koska lämminvesisäiliön vettä käytetään todella vähän ja säiliö on lähes aina täynnä. (Kohdassa 3)

Alun perin tarkoituksena oli poistaa likaista kiertovettä jatkuvasti ja ottaa samalla puhdasta vettä tilalle lämminvesisäiliöstä. Laitoksella päädyttiin käyttämään mädätelingolta saatavaa noin 50 °C vettä. Vesi on tarpeeksi puhdasta käytettäväksi kiertovedeksi.

Jäteveden mukana hukataan lämpöä, koska laitoksella ei ole kulutuskohdetta, johon saatava lämpö voitaisiin käyttää. Säästöä saadaan kuitenkin veden kulutuksessa, koska puhdasta talousvettä ei tarvitse käyttää ja lingolta tulevan veden lämpötilan vuoksi sitä ei tarvitse lämmittää lämmönsiirtimellä.

Kokeilimme kuitenkin lämmönsiirrintä nähdäksemme kuinka hyvin jätevedestä saadaan lämpöä talteen. Poistettavan jäteveden lämpötila vaihtelee 45- 50 °C:n välillä. Puhdas talousvesi on noin 7 °C. Jätevettä poistettiin 2m³/h.

Lämmön siirtyminen:	Talousvesi	7→35 °C
	Jätevesi	45→17 °C (21.)

Lämminvesisäiliössä olisi hyvä olla asetus, että säiliötä täytetään vain silloin, kun jätevesipuolella on virtausta. Näin lämpö saadaan talteen ja samalla veden lämmitystarve pienenee. Tämä asetus olisi myös voitava ohittaa tarpeen vaatiessa.

Yhteenveto

Kiertovesipiiri on ollut laitoksella suuri lämmönkuluttaja. Matalampi asetusarvo lämmönsiirtimellä säästää kaukolämpöveden käyttöä, koska kiertovettä joudutaan lämmittämään harvemmin.

Likainen vesi tukkii toisinaan kiertovesipumpun. Tästä syystä laitoksella on jouduttu käyttämään välillä palovettä kiertovetenä. Palovesi on noin 7 °C ja se joudutaan lämmittämään kaukolämpövedellä. (Kohdassa 4)

Lämpöä saadaan siirtymään puhtaaseen veteen hyvin. Mikäli tulevaisuudessa puhtaan, lämpimän veden käyttö lisääntyy, on lämmönsiirrin valmiina. Hukattavan lämmön käyttöä voitaisiin myös miettiä käytettäväksi esimerkiksi lattialämmitykseen.

6.4 Lämminvesi

Lämminvesisäiliön vesi on puhdasta, lämmitettyä talousvettä. Tarkoituksena on alun perin ollut ottaa sieltä uutta kiertovettä prosessiin. Lämmintä vettä tarvitaan kesäisin, kun maanviljelijät hakevat laitokselta lietettä. Tällöin kiertovettä ei saada talteen lingolta. (Kohdassa 5)

Lämminvesisäiliön vettä käytettäessä, vesi kierrätetään lämmönsiirtimen läpi. (Kohdassa 6). Veden lämpötila nostetaan 65 °C:seen. Säiliöstä otetaan tällä hetkellä vettä muutaman kerran viikossa autojen pesuun, joten täyden säiliön lämmittäminen on turhaa. Lämminvesisäiliön pinnan raja-arvo muutettiin 70 %:sta 40 %:iin. (23.)

6.5 Määtysreaktorin vaippa

Määtysreaktorin vaipan lämmitykseen käytetään kaukolämpövedettä. Lämpö siirretään lämmönvaihtimella, joka kiertää määtysreaktorin ympärillä. Liitteessä 1 kohdassa 4 näkyy määtysreaktorin vaippa ja veden kiertopiiri.

Määtysreaktorin lämpötilan kanssa on ollut ongelmia, koska lämpötila nousee liian korkeaksi. Kun lämmitystarvetta ei ole, linjassa oleva venttiili avautuu ja vettä kierrätetään pumpulla lämmönvaihtimen läpi. Kaukolämmön tulolinjassa on käsiventtiili, mikä on kuristettu. Lämmitystä tarvittaessa kiertopiirin venttiili sulkeutuu ja kaukolämpövesi pääsee virtaamaan vaihtimelle. Kaukolämmön tulopaine on suurempi kuin kierrossa oleva paine, joten vettä pääsee virtaamaan kiertoon myös silloin, kun lämmitystä ei tarvita. (24.)

Laitoksella on suunniteltu, että kiertopiirin venttiili siirretään kaukolämmön tulolinjaan. Venttiilin olisi tarkoitus olla kiinni, kun lämmitystarvetta ei ole. (24.)

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä oli tarkoitus löytää parannusratkaisuja kaukolämpöpiiriin ja mielestäni tässä tavoitteessa onnistuttiin. Kaukolämmön kulutusta saatiin pienennettyä, joka mahdollistaa sen, että biokaasua saadaan enemmän myyntiin, kun lämmitystarve vähenee.

Tärkein parannus oli kiertoveden kaukolämmön kulutuksen minimoiminen. Koska kulutuskohteita on paljon, menee vettäkin reilusti. Veden lämpötilaa on ollut turhan korkea, koska mikään kulutuskohde ei vaadi suurta lämpötilaa. Lämpötilan muutosten pidempiaikaisia vaikutuksia on vaikea lähteä arvioimaan. Talvella raaka-aineet saattavat olla jäässä, joten lämpöä saatetaan joutua silloin nostamaan. Tasaussäiliön sakeutta tullaan tulevaisuudessa pienentämään, jolloin kiertovettä kuluu vähemmän ja tasaussäiliön lämpötila laskee. Lämpötilan lasku mahdollistaa paremman lämmöntalteenoton.

Kiertoveden lämmityksen vähentymisen ja kaukolämmön menoveden lämpötilan alentamisen vuoksi, vesi on riittänyt minimikierrolla prosessin tarpeisiin ja kattilan käyttöä on saatu vähennettyä.

Prosessin trendien tutkiminen oli toisinaan melko haastavaa, koska kaikkia mittareita ei ole kalibroitu ja näin ollen arvoihin ei voinut luottaa. Kaukolämmönkulutuksen laskemisessa ei ole tämän takia eritelty kulutuskohteiden käyttämiä tehoja.

Kirjallisuutta bioprosessista ei ole paljoa, joten työn lähteenä on käytetty Internetistä löytyvää aineistoa ja työntekijöiden asiantuntemusta. Työ oli mielenkiintoinen ja oli hienoa päästä tutustumaan biokaasuprosessiin. Työn kokonaiskesto oli noin kolme kuukautta.

LÄHTEET

1. Gasum. 2011. Yritysinfo. Uutiset 4.4.2011. Saatavissa:
<http://www.gasum.fi/yritysinfo/media/uutiset/Sivut/Kouvolanbiokaasulaitostuotti.aspx> [Viitattu 14.3.2012]
2. Kymen Bioenergia. 2012. Biokaasun tuotanto. Saatavissa:
<http://www.kymenbioenergia.fi/lannoitetuotanto.html> [Viitattu: 10.4.2012]
3. Kouvola. 2012. Kouvolan vesi. Saatavissa:
<http://www.kouvola.fi/palvelut/energiajavesihuolto/kouvolanvesi.html> [Viitattu 23.3.2012]
4. KSS Energia. 2010. Avaintiedot. Saatavissa: <http://www.kssenergia.fi/kss-energia/talous> [Viitattu 14.3.2012]
5. KSS Energia. 2010. Tuotanto. Saatavissa: <http://www.kssenergia.fi/box-4/kss-energia/sahkon-tuotanto> [Viitattu 15.3.2012]
6. Kymenlaakson jäte. Omistajat. Saatavissa:
<http://www.kymenlaaksonjate.fi/fi/Yhti%C3%B6/Omistajat/> [Viitattu 15.3.2012]
7. Timo Jokinen. 2011. Kymen Bioenergia. Esittelymateriaali.
8. Kaslink Foods. Yritys. Saatavissa: <http://www.kaslink.fi/fi/yritys> [Viitattu 28.3.2012]
9. Teija Paavola. 2007. Biokaasuprosessi. Saatavissa:
http://www.thermopolis.fi/UserData/doc/Biokaasuseminaari/Biokaasuprosessi_Paavola_270307.pdf [Viitattu 16.3.2012]
10. Ympäristöyritysten liitto. 2012. Asumisen biojätteet. Saatavissa:
<http://www.ymparistoyritykset.fi/asumisen-biojatteet> [Viitattu 23.3.2012]

11. Motiva. 2012. Peltoenergia. Saatavissa:
http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/peltoenergia
[Viitattu 15.3.2012]
12. Markus Latvala. 2005. Jätevesilietteen anaerobinen käsittely. Saatavissa:
http://www.bionova.fi/download/jatevesilietteen_anaerobinen_kasittely_ja_biokaasun_hyotykaytto.pdf [Viitattu 17.3.2012]
13. Suomen Biokaasuyhdistys. 2010. Biokaasu. Saatavissa:
http://www.biokaasuyhdistys.net/index.php?option=com_content&view=section&layout=blog&id=6&Itemid=53 [Viitattu 19.3.2012]
14. Abo. 2008. Biokaasulaitos. saatavissa:
https://www.abo.fi/student/en/media/9578/biokaasunkasikirja_web.pdf [Viitattu 1.4.2012]
15. Liikenne biokaasu.fi. 2010. Mitä on metaani? Saatavissa:
<http://www.liikennebiokaasu.fi/ukk.htm> [Viitattu 8.4.2012]
16. Gasum. Liikenne. Saatavissa:
<http://www.gasum.fi/liikenne/gasumbiokaasu/Sivut/default.aspx> [Viitattu 12.4.2012]
17. Höyrytys Oy. Vapor- AKU kuumavesikattilat. Saatavissa:
<http://www.hoyrytys.fi/palvelut-ja-tuotteet/kuumavesikattila/vapor-aku/> [Viitattu 2.4.2012]
18. Ceratec. EU. References. Saatavissa:
<http://www.ceratec.eu/refcontent.html?id=123> [Viitattu 2.4.2012]
19. Jaakko Ristola. 2010. Lämmönsiirtotekniikan oppimateriaali.

Palaverit:

20. Kymen Bioenergia, operaattori Ismo Huovi 22.3.2012
21. Kymen Bioenergia, operaattori Ismo Huovi 29.3.2012
22. Kymen Bioenergia, operaattori Ismo Huovi 4.4.2012
23. Kymen Bioenergia, operaattori Ismo Huovi 13.4.2012
24. Kymen Bioenergia, operaattori Ismo Huovi 16.4.2012

